A INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE NO USO DO SOLO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA ESTADUAL DE TAMBABA/PB[1]

Nadjacleia Vilar ALMEIDA[2]
Alberto Kioharu NISHIDA[3]
Eduardo Rodrigues Viana de LIMA[4]

RESUMO

Esta pesquisa faz parte de um trabalho que visa construir uma proposta de Zoneamento Geoambiental para a Área de Proteção Ambiental-APA Estadual de Tambaba. O zoneamento geoambiental deverá ser produzido a partir de um modelo que considere as interdependências entre os elementos e fenômenos do espaço geográfico, onde diversos aspectos poderão ser integrados e analisados. Neste contexto, são necessárias tecnologias que permitam o manuseio de uma grande quantidade de dados, organizados de forma a permitir que diferentes interações possam ser realizadas, combinando objetos e atributos de interesse. O geoprocessamento possui ferramentas computacionais chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados do mundo real, obtidos de diversas fontes em diferentes formatos, criando bancos de dados georreferenciados (bancos de dados geográficos). A APA de Tambaba localizada na Microrregião do Litoral Sul Paraibano e na Mesorregião da Mata Paraibana, se estende pelos municípios do Conde, Pitimbu e Alhandra, está delimitada pelos divisores naturais dos rios que drenam a região ocupando uma área de 11.459ha. A praia de Tambaba, bem como o litoral sul do Estado da Paraíba, destaca-se por ser uma região de belezas cênicas, com a existência de ecossistemas importantes para a manutenção da vida de várias espécies da fauna e flora, no entanto, a paisagem natural tem sido bastante modificada. Este trabalho, visa identificar os diversos usos encontrados no território da APA e correlacioná-lo as características de declividade do terreno. A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, constitui-se da utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para a elaboração e cruzamento dos mapas temáticos referentes à declividade e ao uso do solo da APA de Tambaba, obtendo-se a inter-relação entre os fatores naturais e antrópicos da área. A imagem de satélite utilizada foi a Landsat ETM 7 com resolução espacial de 30m. Para o tratamento digital da imagem e para editar os planos de informação, bem como montar e manipular o banco de dados espacial, foi utilizado o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING, desenvolvido pelo INPE. A área é drenada ao norte pelo Riacho do Caboclo e pelo Rio Bucatu, no sentido leste-oeste pelo Rio Grau e ao sul pelo Rio Mucatú, constituindo-se de três bacias hidrográficas exorreicas e uma endorreica, predomina o padrão de drenagem dentrítico e seus subsidiários. Com relação à declividade 32,78% do território possui declividade de 12 a 30%, sendo esta área considerada restritiva para o uso de mecanização agrícola e para a construção civil, na classe de declividade de 0 a 5% considerada como o limite para o desenvolvimento de processos erosivos estão inseridos 30,40% do território da APA. Foram encontrados diversos usos, destacando-se as áreas de cultura (relativa às áreas de cultivos agrícolas) e o solo exposto (relacionado às áreas urbanizadas e também destinadas à agricultura).

[1] Agência financiadora: CAPES/CNPQ
2 Mestranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA/UFPB. Rua José Teofanes da Silva, 21, 58075-664, Geisel, João Pessoa-PB. E-mail: nadjageo@ig.com.br
3 Universidade Federal da Paraíba, Professor Doutor, guy@dse.ufpb.br
4 Universidade Federal da Paraíba, Professor Doutor, edulima@geociencias.ufpb.br

1 INTRODUÇÃO

O litoral sul do Estado da Paraíba destaca-se por ser de grande beleza cênica, com a existência de ecossistemas importantes para a manutenção da vida de várias espécies da fauna e flora, no entanto, a paisagem natural tem sido bastante modificada. Considerando a importância ecológica dessa área, e a necessidade de proteger a cobertura vegetal, as espécies botânicas endêmicas e a fauna existente, criou-se a Unidade de Conservação da Área de Proteção Ambiental - APA - de Tambaba, através do Decreto Estadual nº 22.882 em 26 de março de 2002.

Este trabalho é parte de um projeto de pesquisa que visa elaborar o Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Estadual de Tambaba. O gerenciamento de uma APA é uma tarefa bastante complexa, pois envolve aspectos econômicos, culturais e ambientais que precisam ser analisados de forma integrada. Para minimizar as dificuldades encontradas na gestão da APA seu território foi definido utilizando como limite natural os divisores topográficos das bacias hidrográficas da área, abrangendo ao todo quatro bacias de drenagem a do Riacho Caboclo, Rio Bucatu, Rio Grau e Rio Mucatú.

Este trabalho visa identificar os diversos usos encontrados na área destas bacias e correlacioná-los com as características de inclinação do terreno. Foram elaborados mapas temáticos referentes a clinografia/declividade e ao uso da terra, que auxiliarão na elaboração do zoneamento Ecológico-Econômico da APA de Tambaba-PB. Também foram calculados alguns índices que possibilitaram identificar algumas características físicas das bacias em estudo (densidade de drenagem, índice de forma, coeficiente de compacidade). Utilizaram-se técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para elaboração dos mapas temáticos e para o cruzamento dos mapas de declividade e uso do solo da área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão, justifica-se pelo fato de ser a unidade espacial ideal para diferentes formas de Zoneamento de cunho ambiental, e também por já estar “definida em Lei como a Unidade de área mais aconselhável para estudos e projetos em todo território nacional” (ROCHA, 1997). A paisagem será analisada de forma geossistêmica observando os diversos elementos que a compõem e suas inter-relações. O sistema pode ser formado por vários subsistemas que são interligados entre si através dos fluxos de matéria e energia e que formam estruturas, sendo que cada “estrutura é um elemento do espaço, individualizado e localizado, mas cuja evolução é regida por sistemas que o organizam tanto do interior como do exterior” (DOLFUSS, 1973, p.34).

A bacia hidrográfica é definida como “uma área topograficamente drenada por um curso d’água ou um sistema conectado de cursos d’água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída” (VIESSMAN *et al.*, 1972 apud VILLELA & MATTOS, 1975, p.6). A dinâmica que envolve uma bacia hidrográfica, remete a intervenção de diversos fatores, entre os quais: a topografia, a constituição das rochas, o clima e o regime pluvial, sendo estes últimos fatores determinantes do tipo de intemperismo (LEINZ, 1970). Um dos elementos fundamentais no condicionamento da potencialidade das bacias hidrográficas é a declividade do terreno, sendo uma variável reveladora das aptidões e limitações do uso do solo (ROCHA, 1997).

A gestão ambiental em bacias hidrográficas possibilita uma visão sistêmica de todos os elementos da paisagem, permitindo “planejar as melhores formas de apropriação e exploração desses recursos ambientais, proporcionando o desenvolvimento sócio-econômico das suas respectivas populações e a sustentabilidade dos recursos ambientais, diminuindo ou evitando a degradação da qualidade de vida”. Segundo Lanna (1995 apud BORDALO, 2004), o Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, além de proteger os recursos hídricos é um “instrumento que orienta o poder público e a sociedade, no longo prazo, na

utilização e monitoramento dos recursos ambientais - naturais, econômicos, de forma a promover o desenvolvimento sustentável".

O Zoneamento Ecológico-Econômico deverá ser produzido a partir de um modelo que considere as interdependências entre os elementos e fenômenos do espaço geográfico, onde diversos aspectos poderão ser integrados e analisados. Neste contexto, são necessárias tecnologias que permitam o manuseio de uma grande quantidade de dados, organizados de forma a permitir que diferentes interações possam ser realizadas, combinando objetos e atributos de interesse. O geoprocessamento possui ferramentas computacionais chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados do mundo real, obtidos de diversas fontes em diferentes formatos, criando bancos de dados georreferenciados (bancos de dados geográficos) (MEDEIROS, 1999).

O SIG "é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica" (SCARDOELLI, 2003, p.3). Segundo Dangermond (apud MEDEIROS, 1999, p.4) "um SIG agrupa, unifica e integra a informação. Torna-a disponível sob uma forma que ninguém teve acesso anteriormente, e coloca informação antiga num novo contexto. Muitas vezes, permite unificar informações que estavam dispersas ou organizadas de forma incompatível". Possibilita também a integração entre as informações temáticas e os produtos de sensoriamento remoto de diversas fontes e resoluções. O sensoriamento remoto é um recurso essencial na detecção e no controle de situações desfavoráveis ao meio ambiente, sendo que através da imagem de satélite é possível realizar um levantamento da situação atual da ocupação e transformação do meio ambiente (TRENTIN et al. 2004).

5 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, constitui-se da elaboração de mapas temáticos referentes a declividade/clinografia e ao uso do solo das bacias hidrográficas existentes no território da APA de Tambaba, obtendo-se a inter-relação entre os fatores naturais e antrópicos da área. A imagem de satélite utilizada foi a ETM-Landsat 7 com resolução espacial de 30m, cuja data de passagem foi 04 de agosto de 2001. Para o tratamento digital da imagem e para editar os planos de informação, bem como montar e manipular o banco de dados espacial, foi utilizado o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING, desenvolvido pelo INPE.

Inicialmente, confeccionou-se o mapa-base, a partir da delimitação da área de estudo nas Cartas Topográficas do INTERPA (Instituto de Terras do Estado da Paraíba) do ano 1985 folhas SB.25-Y-C-III-3-NO-D, SB.25-Y-C-III-3-NE-C, SB.25-Y-C-III-3-NE-D, SB.25-Y-C-III-3-NO-F, SB.25-Y-C-III-3-NE-E, SB.25-Y-C-III-3-NE-F, SB.25-Y-C-III-3-SO-B, SB.25-Y-C-III-3-SE-A e SB.25-Y-C-III-3-SE-B em escala 1:10.000 num programa do tipo CAD (Computer Aided Design ou Desenho Auxiliado por Computador).

Posteriormente, calculou-se a densidade de drenagem fazendo-se a relação entre o comprimento total dos cursos d'água ou canais de escoamento, com a área total das bacias. As curvas de nível, de eqüidistância de 5 metros, e os pontos cotados foram digitalizados utilizando-se um CAD e transferidos para o Spring, no formato DXF, e no ambiente SPRING foi utilizado o modelo MNT - Modelo Numérico do Terreno (**Fig.01**). Elaborou-se o mapa clinográfico ou de declividade, optando-se pelas classes de declividade propostas por De Biasi (1970 apud TRENTIN *et al.*, 2004). Através da espacialização destas classes passou-se à caracterização quanto a distribuição quantitativa e qualitativa destas na área em estudo.

O mapa de uso da terra foi elaborado a partir da imagem de satélite. Inicialmente foi feita a transformação da imagem do formato "TIFF" para o "GRB". No módulo *Impima* do *Spring* foi

realizado o registro ou georreferenciamento da imagem, estabelecendo uma relação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas geográficas, obtendo-se assim maior precisão na determinação das amostras de treinamento, que estavam demarcadas sobre a imagem TM/Landsat.

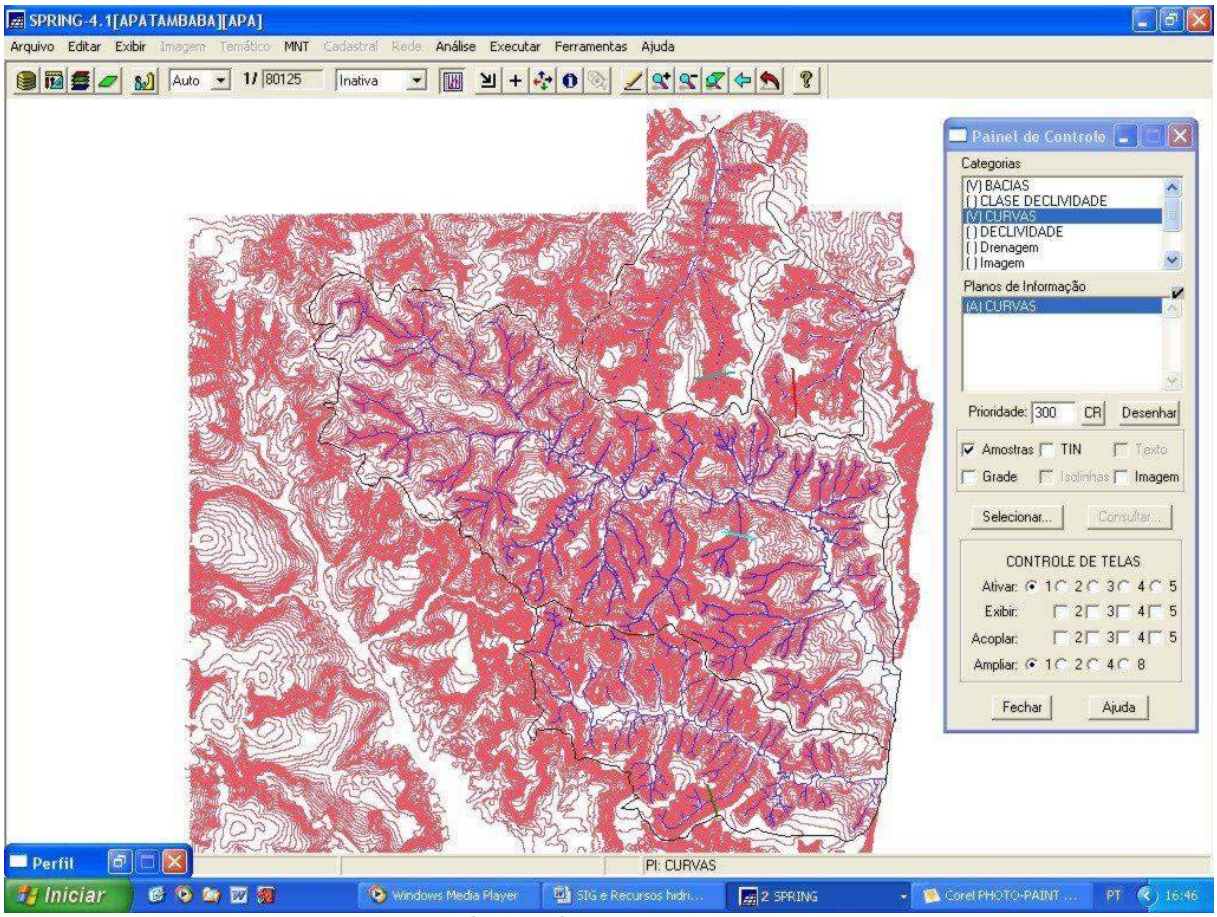


Figura 01 – Curvas de nível da área e localização dos perfis transversais

Após a inserção da imagem no ambiente SPRING, foram testadas diferentes composições coloridas, que definissem melhor os tipos de uso do solo existentes na área. A composição colorida selecionada foi a 5R4G3B (**Fig.02**). Em seguida foi realizada a segmentação da imagem pelo *Método de Regiões.* Este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta para uma posterior classificação. A classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Para a classificação digital da imagem dividiram-se os usos nas seguintes classes: diferentes tipos de vegetação (arbórea, arbustiva e herbácea), solo exposto e áreas edificadas, mangue, cultivo e água.

Estabelecidos os limites e realizado o tratamento digital da imagem, digitalizou-se a rede de drenagem da área a partir da imagem de satélite.

6 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS SITUADAS NA APA DE TAMBABA

A APA de Tambaba está localizada na Microrregião do Litoral Sul Paraibano e na Mesorregião da Mata Paraibana, se estendendo pelos municípios do Conde, Pitimbu e Alhandra, limitando-se a leste com o Oceano Atlântico. Ao longo do litoral, no sentido Norte-Sul, inclui em sua área as Praias de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba, Graú, Bela e Abiaí. As principais vias de acesso à APA são a BR-101 e a PB-008. A APA está delimitada pelos divisores naturais dos rios que drenam a região ocupando uma área de 11.445 ha (**Fig.03**).

Segundo a classificação de Köppen possui clima quente e úmido (As') com precipitações pluviométricas em torno de 1600 mm/ano e temperaturas médias entre 22º a 26ºC. Nesta área a formação vegetal dominante é a Mata Atlântica, no entanto são identificados cinco tipos de formações vegetais, o Cerrado, Floresta Subperenefólia, Restingas, Manguezais e Formações de Praias. Com relação à fauna destacam-se espécies da avefauna, répteis, mamíferos, anfíbios e invertebrados.

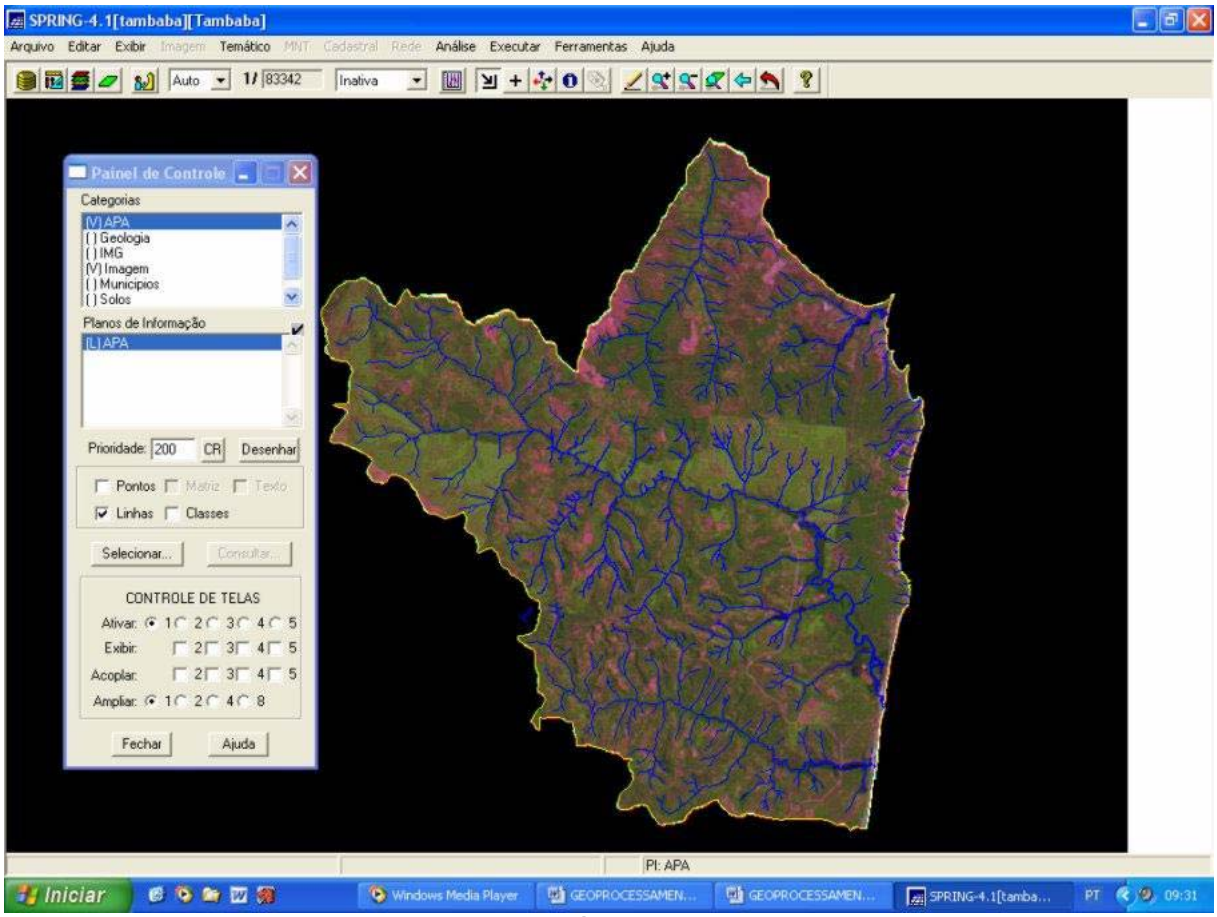


Figura 02 – Imagem Landsat da área de estudo e a rede de drenagem.

Inicialmente o território da APA de Tambaba abrangia uma área de aproximadamente 3.270ha, com a definição desses limites nas cartas topográficas da área verificou-se que os mesmos foram estabelecidos de forma equivocada, pois não utilizavam como limite natural as bacias hidrográficas existentes na região, portanto, não atendiam ao propósito de sua criação, a conservação de remanescentes dos ecossistemas existentes na área e dos recursos hídricos, uma vez que parte do sistema hidrográfico, incluindo as nascentes dos rios, estavam fora do seu território. Como esta pesquisa esta sendo realizada em parceria com a Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA, sugeriu-se que fossem estabelecidos novos limites para a APA, utilizando-se os divisores das bacias hidrográficas, ficando o seu território com uma área de 11.445ha. Vale ressaltar que o decreto com os novos limites da APA ainda não foi promulgado. Os limites foram digitalizados na tela do computador, utilizando como base os divisores topográficos nas cartas topográficas da área (**FIG 04 e 05**).

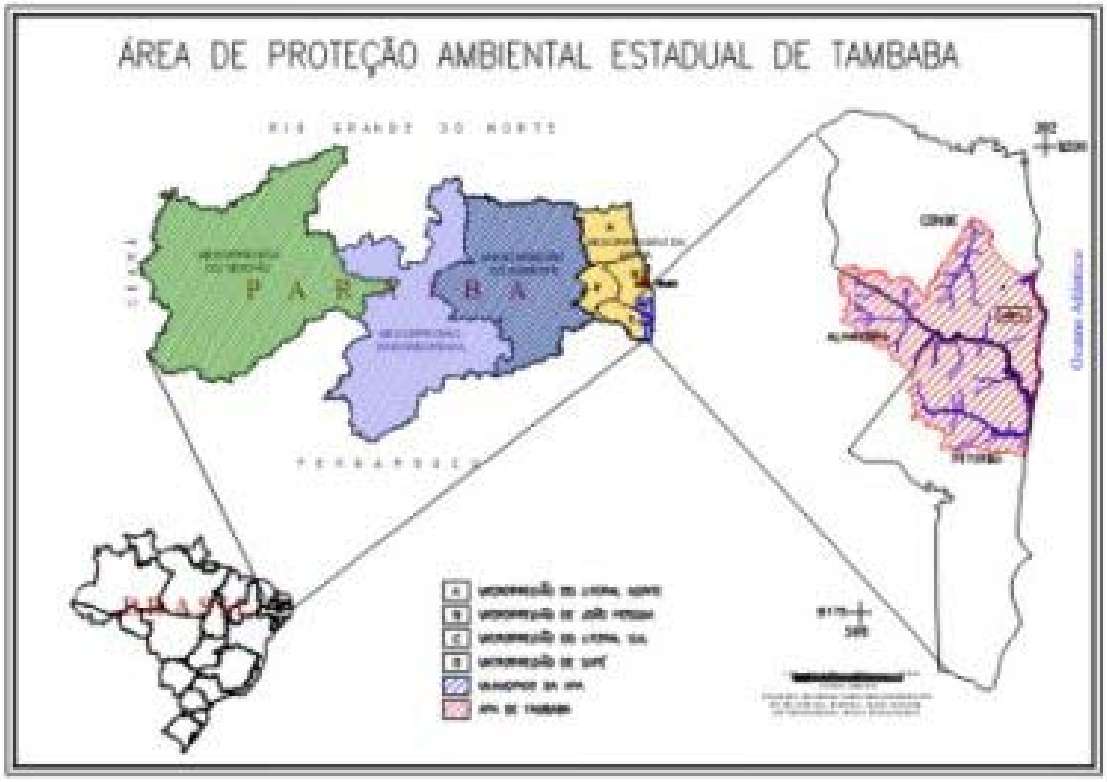
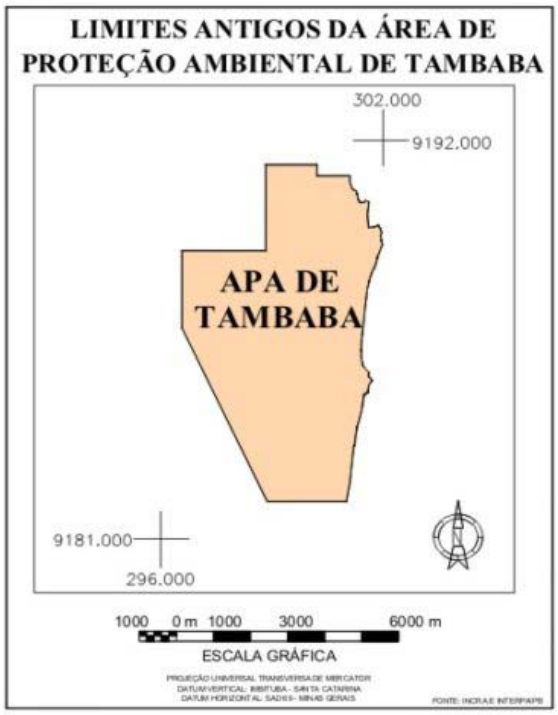


Figura 03 – Mapa de localização da área de estudo



Fugura 04–limites antigos da APA de Tambaba

Fugura 05–Limites atuais da Apa de Tambaba

A APA de Tambaba situa-se no compartimento geológico-geomorfológico dos Baixos Planaltos Costeiros, onde a litologia predominante é a sedimentar, possivelmente do período Terciário, formada “a partir da erosão do material desagregado do Maciço da Borborema, em fases repetidas de resistasia, constitui, geologicamente, o Grupo Barreiras, que repousa sobre o Pré-cambriano ou sobre o Cretáceo” (CARVALHO, 1982, p.26). O Grupo Barreiras é formado por latossolos que “são de coloração vermelha, alaranjada ou amarela”, cujas

principais características morfológicas são “a grande profundidade, porosidade e a pequena diferenciação entre os horizontes” e por solos podzólicos, que “são de regiões florestais de clima úmido, com perfis bem desenvolvidos, profundidade mediana (1,5 e 2 metros), moderadamente ou bem intemperizados e, ao contrário dos latossolos, têm comumente diferenciação marcante entre os horizontes” (LEPSCH, 1977, p.80-84). Esses terrenos, diante da ação erosiva das águas, permitem o processo de sulcamento do solo, formando vales encaixados em forma de “V” e cujas vertentes são bastante dissecadas pela ação das águas da chuva e de escoamento (**Fig.06**).

Para avaliar o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem da área e a intensidade dos processos erosivos atuantes, calculo-se a densidade de drenagem, além de outros índices das bacias analisadas. A densidade de drenagem “varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia”, podendo variar de 0,5km/km^2 para bacias de drenagem baixa a 3,5km/km^2 para bacias bem drenadas (VILLELA, 1975, p.16).

Segundo Beltrame (1994, p.83), “ao avaliarmos a densidade de drenagem, conhecemos o potencial da bacia e de seus setores, em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais”. A ‘’autora propõe uma classificação dos valores de drenagem que foram utilizados como parâmetro para a classificação da drenagem das bacias inseridas no território da APA (**Tab. 01**).

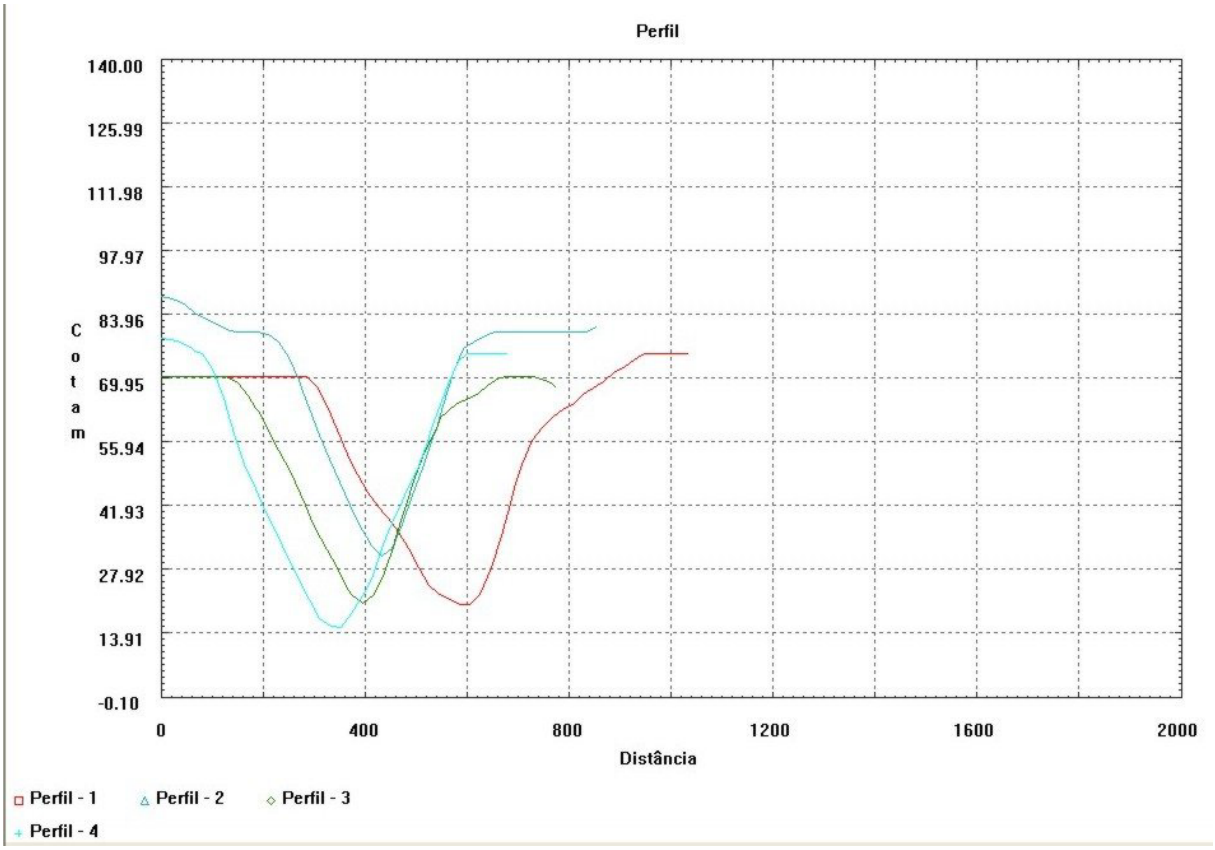


Figura 06 – Perfis transversais nos vales dos rios Bucatu (perfil 1), Caboclo (perfil 2), Mucatu (perfil 3) e Grau (perfil 4).

Tabela 01 - Classificação dos valores de densidade de drenagem

Valores da Densidade de Drenagem (Km/Km2)	Qualificação da Densidade de Drenagem
Menor que 0,50	
De 0,50 a 2,00	Mediana
De 2,01 a 3,50	Alta
Maior que 3,50	Muito Alta

FONTE: Beltrane, 1994, p.84

A área é drenada pelo Riacho do Caboclo, Rio Bucatu, Rio Grau e pelo Rio Mucatú, constituindo-se de três bacias e uma sub-bacia hidrográfica. Os dados individualizados de cada bacia foram obtidos a partir dos cálculos propostos por David R. Lee e G. Tomas Salle (1970 apud CHRISTOFOLETTI, 1974, p.114).

A sub-bacia do Riacho Caboclo se localiza ao norte do território da APA e ocupa uma área equivalente a 16,330 Km² com comprimento de 6.008m, possui forma retangular com índice de forma de 0,452, sendo que a rede de drenagem converge para o norte na direção do Rio Guruji. O canal principal está situado a oeste da bacia, o qual, de acordo com a classificação de Strahler (1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1974), é de terceira ordem. Esta é uma sub-bacia endorréica com rios conseqüentes "cujo curso foi determinado pela declividade do terreno, em geral, coincidindo grosso modo com o mergulho das camadas geológicas" (SUGUIO, 1990, p.14). O padrão de drenagem é o dendrítico, que "é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares uniformes" (CHISTOFOLETTI, op. cit. p.103). A densidade de drenagem foi caracterizada como alta, o que pode significar que as rochas são pouco resistentes e o solo é pouco permeável (**Tab.02**).

A bacia do Rio Bucatu se localiza a nordeste do território da APA e ocupa uma área equivalente a 8,22 Km² com comprimento de 3.324,26m, possuindo forma circular com coeficiente de compacidade de 1,28, sendo que a rede de drenagem converge para leste na direção do Oceano Atlântico. O afluente principal é de quarta ordem e está situado a oeste da bacia. Esta é uma sub-bacia exorréica com rios conseqüentes e com padrão de drenagem dendrítico. A densidade de drenagem foi caracterizada como muito alta, o que significa que as rochas possuem resistência ainda maior do que as outras bacias analisadas.

A bacia do Rio Grau se localiza na região central do território da APA, no sentido oeste-leste e ocupa uma área equivalente a 62,478Km² com comprimento de 14.522,84m, possui forma retangular com índice de forma de 0,296. O canal principal é de quarta ordem e está situado no centro da bacia. Esta é uma sub-bacia exorréica com rios conseqüentes e com padrão de drenagem dendrítico. A densidade de drenagem foi caracterizada como alta.

A bacia do Rio Mucatu se localiza ao sul do território da APA e ocupa uma área equivalente a 21,885Km² com comprimento de 8.141,20m, possui forma retangular com índice de forma de 0,330. O canal principal é de quarta ordem e está situado no centro da bacia. Esta é uma sub-bacia exorréica com rios conseqüentes e com o padrão de drenagem paralela que é desenvolvida em "áreas onde há presença de vertentes com declividade acentuada ou onde existam controles estruturais" (SUGUIO, 1990, p.14). A densidade de drenagem também foi caracterizada como alta.

Tabela 02 - Classificação dos valores de densidade de drenagem para as bacias hidrográficas da APA

BACIA HIDROGRÁFICA	ÁREA DA BACIA (Km²)	DENSIDADE DE DRENAGEM (Km/Km²)	QUALIFICAÇÃO DA DENSIDADE DE DRENAGEM
Riacho do Caboclo	16,330	2,441	Alta
Rio Bucatu	8,226	3,859	Muito Alta
Rio Graú	62,478	3,448	Alta
Rio Mucatú	21,885	2,640	Alta

6.1 Declividade

Para caracterização do relevo das bacias hidrográficas foi elaborado o mapa de declividade, pois através deste mapeamento pode-se identificar a inclinação do terreno. "A magnitude dos picos de enchentes e infiltração de água, fazendo, como conseqüência, maior ou menor grau de erosão, depende da declividade média da bacia (que determina maior ou menor velocidade de escoamento da água superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra" (ROCHA, 1997, p.78).

A declividade foi definida em 5 classes, as quais correspondem a 0 – 5%, 5 – 12%, 12 – 30%, 30 – 47%, e >47%. Segundo Trentin *et al.* (2004) os mapas clinográficos ou de declividade são muito utilizados para fins de planejamento e gestão dos recursos naturais, estes caracterizam as declividades do relevo e apresentam as áreas críticas no que se refere à instabilidade do mesmo, possibilitando localizar e avaliar os terrenos de acordo com o grau de susceptibilidade à erosão, permitindo detectar qualitativamente e quantitativamente, através da seleção de áreas, informações viáveis para o planejamento ambiental.

Através da avaliação do grau de susceptibilidade a erosão de uma área é possível identificar as áreas impróprias para determinados usos.

As declividades encontradas estão distribuídas em todas as classes propostas por De Biasi (1970), sendo que a classe >47% é a de menor ocorrência, encontrando-se em apenas 2,026 Km² do território da APA. A de maior magnitude com 37,565 Km² é a classe de 12 a 30%. Analisando as bacias separadamente verifica-se que na bacia hidrográfica do Rio Caboclo, 34,16% do território possui declividade de 0 a 5%, considerado o limite para o desenvolvimento de processos erosivos, e apenas 1,41% possui declividade superior a 47%, que de acordo com a legislação ambiental, refere-se às áreas de preservação permanente. Na bacia do rio Caboclo estas áreas estão localizadas nas vertentes dos rios e riachos que drenam a bacia. Na bacia do rio Bucatu a situação é semelhante, sendo que uma porcentagem maior (36,58%) encontra-se na classe de declividade de 0 a 5%. Já na bacia do Rio Grau, 31,59% da área encontra-se na classe de 5 a 12%, considerado o limite máximo para a mecanização agrícola e para a construção civil sem necessidade de cortes ou aterros. Na bacia do Rio Mucatu, 37,54% da área está na classe de 12 e 30% de declividade. Nestas áreas, devido a alta inclinação do terreno para o cultivo do solo, só é permitido o uso de tração animal (**Tab.03 e Fig. 07**).

Tabela 03 - Porcentagem das classes de declividade por bacia hidrográfica

CLASSES/ BACIAS	CABOCLO	BUCATU	GRAU	MUCATU
0 a 5%	34,16%	36,58%	27,68%	29,64%
5 a 12%	23,89%	23,37%	31,59%	21,28%
12 a 30%	32,05%	29,58%	32,86%	37,54%
30 a 47%	8,49%	8,75%	6,62%	9,57%
> 47%	1,41%	1,72%	1,26%	1,97%

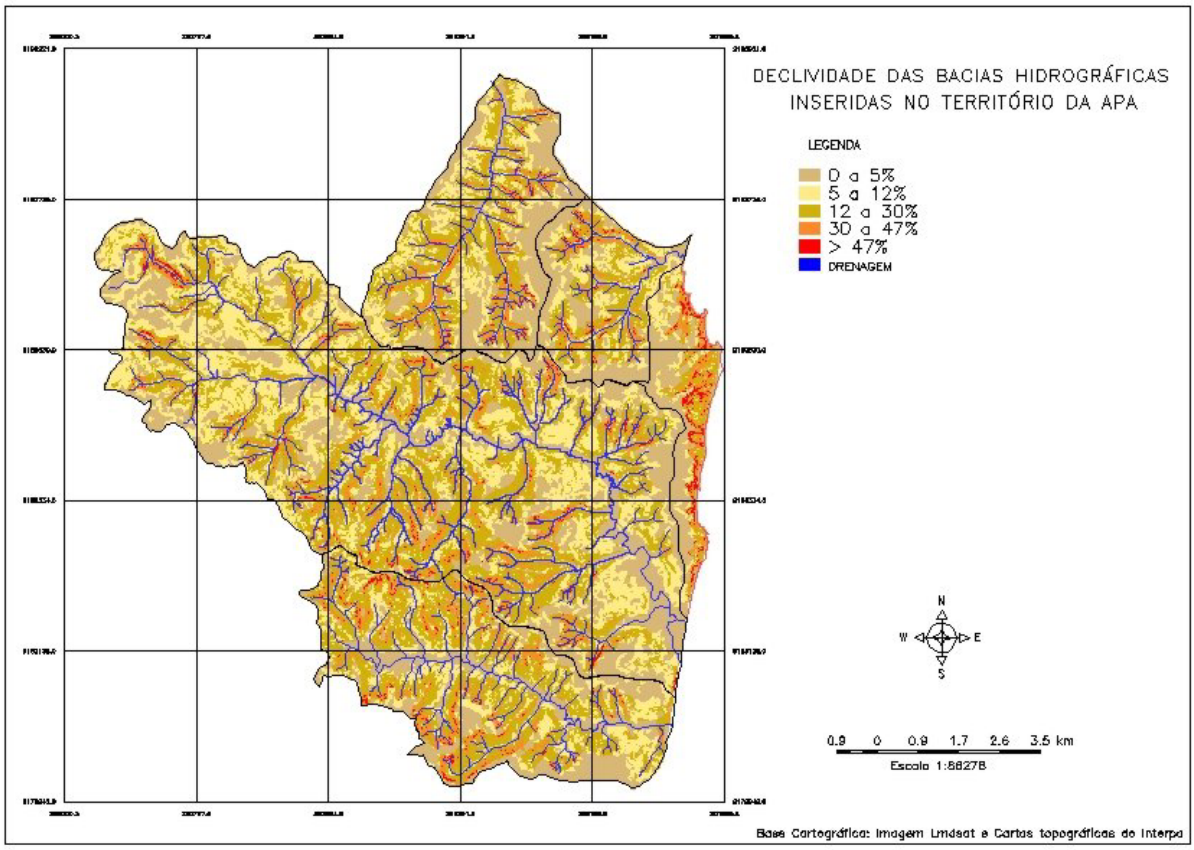


Figura 07 – Mapa de declividade

6.3 Uso do solo

Quanto ao uso da terra da APA de Tambaba, delimitou-se para este fim cinco classes de uso, que constituem de vegetação, mangue, cultivo, solo exposto e água. Para a classe 'vegetação' enquadrou-se às áreas de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea; Para o 'mangue' as áreas cobertas por vegetação de mangue; A classe cultivo relativa às áreas de cultivos agrícolas; O solo exposto relacionado às áreas urbanizadas e também destinadas à agricultura, porém com base na data da passagem da imagem, pode-se referir ao estágio de preparo da terra ou recém-colheita; e a Classe água aos reservatórios d'água da área.

Analisando o território da APA a classe de maior expressão é a 'vegetação', que apresenta 62,78Km², ou seja, 54,55% da área e a de menor expressão foi o mangue com apenas 1,103Km². Com relação a analise das bacias, verifica-se que a classe 'vegetação' apresenta os maiores índices em todas as bacias, em seguida aparece a classe 'solo exposto', sendo mais expressivo na bacia do rio Caboclo com 45,76%, na bacia do rio Grau diferentemente das demais aparece a classe 'cultivo' com um valor significativo, 25,16% do território desta bacia (**Tab.04 e Fig. 08**).

Tabela 04 – Porcentagem dos tipos de uso em cada bacia hidrográfica

USO/BACIAS	CABOCLO	BUCATU	GRAU	MUCATU
Vegetação	48,84%	52,87%	52,61%	65,02%
Mangue	0,01%	0,09%	1,51%	0,57%
Cultivo	3,32%	5,98%	25,13%	6,74%
Solo exposto	45,76%	34,93%	18,84%	25,54%
Água	2,08%	6,12%	1,92%	2,14%

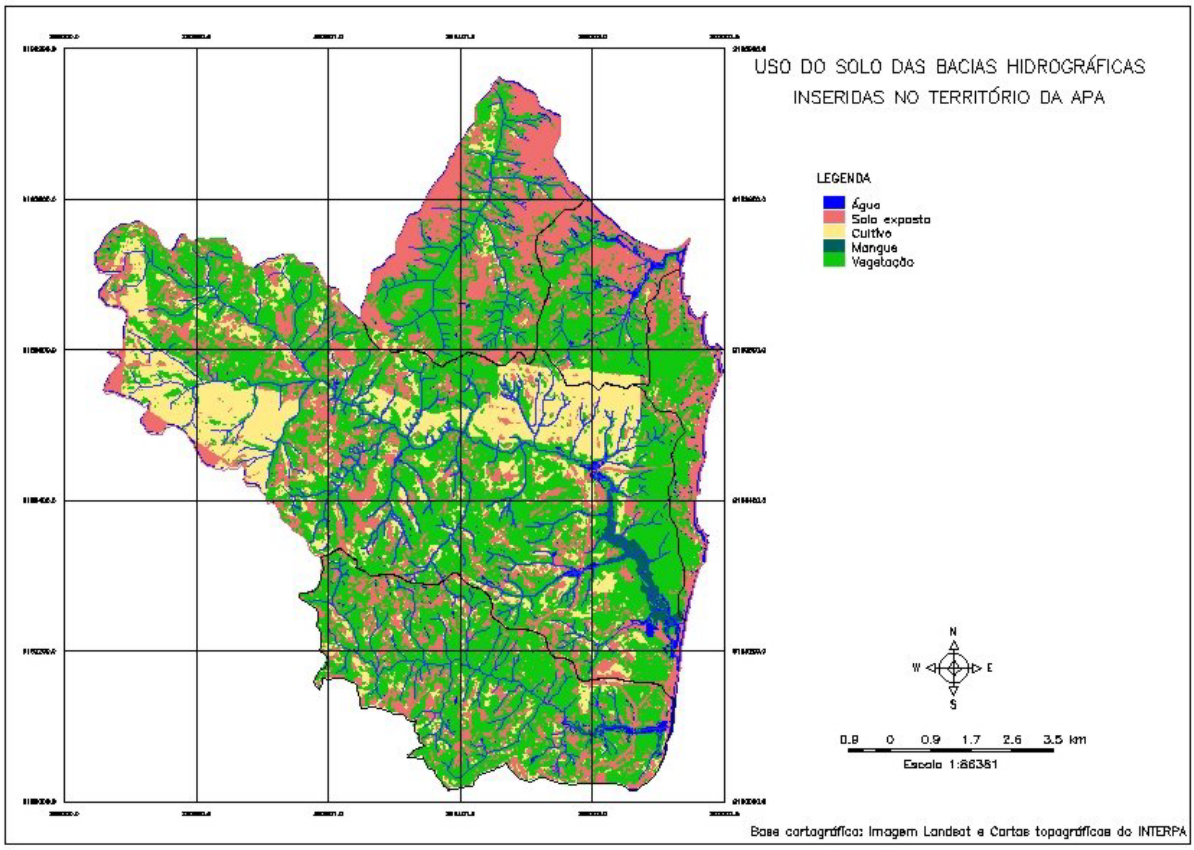


Figura 08 - mapa de uso do solo

1.3 Integração dos mapas temáticos

Com a integração dos mapas temáticos descritos é possível identificar o grau de vulnerabilidade das bacias com relação à declividade e ao tipo de uso do solo encontrado. A declividade guarda relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética. Quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela erosão que esculpe as formas de relevo e, portanto, prevalece a morfogênese (CREPANI *et al.*, 2001).

O tipo de uso do solo também exerce forte influência na velocidade de transporte dos sedimentos, nas áreas cobertas por vegetação o solo é protegido, a cobertura vegetal diminui o impacto das gotas da chuva e a presença de matéria orgânica favorece o processo de infiltração. Em uma área desmatada ocorre o contrário, a precipitação dos pingos da chuva atingem diretamente o solo espalhando os materiais finos (erosão por salpicamento), as areias, siltes e aglomerados de argila tampam os macroporos (selagem) e reduzem a porosidade do solo, causando também sua compactação, o que ajuda a diminuir a capacidade de infiltração, aumentar o escoamento superficial e conseqüentemente a perda de solos.

Para classificar o grau de vulnerabilidade foram estabelecidos valores que vão de 1 a 3 (**Tab.05**), segundo critérios desenvolvidos a partir dos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977). A integração dos mapas de uso e declividade possibilitou identificar a deterioração do ambiente causado pelo uso desordenado. Para isso foram relacionadas às cinco classes de declividade com as cinco classes de uso obtendo-se 25 novos tipos, chamadas de Unidades da paisagem (**Tab.06**).

Tabela 05 - Escala de vulnerabilidade

CATEGORIA MORFODINÂMICA	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Tabela 06 – Classes de vulnerabilidade identificadas na APA para o tema declividade e uso do solo

UNIDADES DA PAISAGEM	NOVAS CLASSES	GRAU DE VULNERABILIDADE	CORES
U1	"0 a 5%" & "Mangue"	Estável	
U2	"0 a 5%" & "Mata"		
U3	"0 a 5%" & "Cultura"		
U4	"0 a 5%" &" Solo exposto "		
U5	"0 a 5%" &"Água"		
U6	"5 a 12%" & "Mangue"	Moderadamente estável	
U7	"5 a 12%" & "Mata"		
U8	"5 a 12%" &"Cultura"		
U9	"5 a 12%" & "Solo exposto"		
U10	"5 a 12%" &"Água"		
U11	"12 a 30%" &"Mangue"	Mediamente estável/vulnerável	
U12	"12 a 30%" &"Mata"		
U13	"12 a 30%" & "Cultura"		
U14	"12 a 30%" & "Solo exposto"		
U15	"12 a 30%" &"Água"		
U16	"30 a 47%" & "Mangue"	Moderadamente vulnerável	
U17	"30 a 47%" &"Mata"		
U18	"30 a 47%" & "Cultura"		
U19	"30 a 47%" & "Solo exposto"		
U20	"30 a 47%" &"Água"		
U21	"> 47%" &"Mangue"	Vulnerável	
U22	"> 47%" & "Mata"		
U23	"> 47%" & "Cultura"		
U24	"> 47%" & "Solo exposto"		
U25	"> 47%" &"Água"		

Em todas as bacias a classe vegetação, apresenta os maiores valores nas áreas de declividades entre 12 a 30% (U12), correspondendo a 22,08Km² do território da APA, sendo esta área considerada mediamente vulnerável. A classe mangue aparece nas áreas com declividade de 0 a 5% (U1) apenas nas bacias do Grau (0,944Km²) e Mucatu (0,128Km²). O cultivo aparece em todas as bacias, no entanto a maior concentração deste tipo de uso esta na bacia do rio Grau com 15,795Km², dispostas principalmente próximo aos cursos d'água, foram registradas áreas com cultivo nas declividades de 0 a 5% (4,178Km²), terreno considerado estável (U1) e principalmente nas declividades de 5 a 12% (6,366Km²) e de 12 a 30% (6,439Km²), terreno este que possui altas restrições para o uso agrícola. A classe solo exposto esta distribuída em todas as classes de declividade, sendo os menores índices nas declividades de 30 a 47% (1,156Km²) e >47% (0,188Km²). A área correspondente à água esta distribuída principalmente na declividade de 0 a 5% (**Fig.09**).

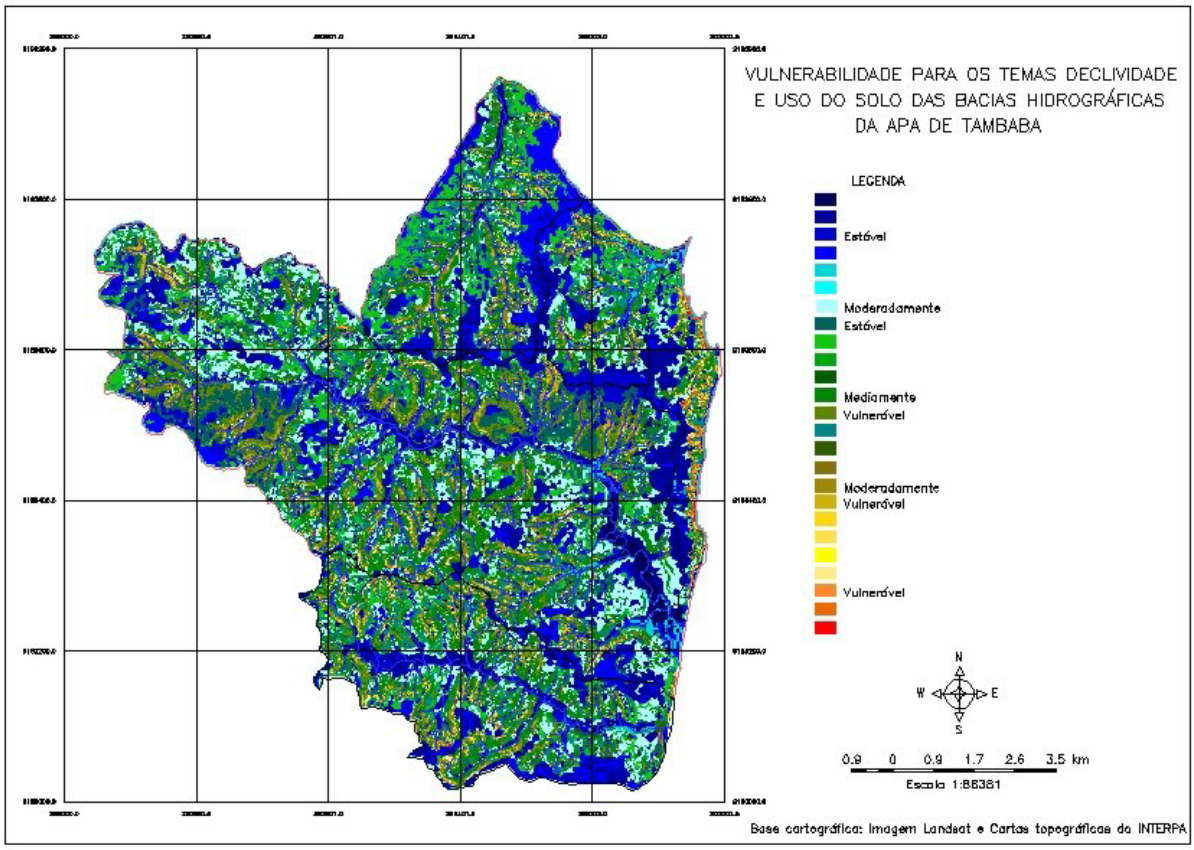


Figura 09 – Mapa de vulnerabilidade para os temas declividade e uso do solo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos mapas temáticos referentes à declividade e uso da terra nas bacias hidrográfica do território da APA de Tambaba demonstrou que os usos das bacias relacionam-se com as declividades, pois nas áreas mais planas há uma maior ocupação humana, que determina uma maior presença de cultura e solo exposto. Enquanto nas áreas, onde as declividades são mais acentuadas, a ocupação é mais limitada, predominando as florestas. Quando há a utilização dos terrenos em áreas muito declivosas, tornando-se difícil o uso de máquinas agrícolas infere-se que se trata de pequenas propriedades destinadas principalmente à subsistência e que utilizam de técnicas rudimentares na agricultura.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, Angela da Veiga (1994). **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: ed. Da UFSC.

BORDALO, Carlos Alexandre Leão. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos. In: <http://www.lead.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/e2%20cbg_ TEXTOsn3_... Acessado em: Janeiro de 2005

CARVALHO, Maria Gelza R. F. de (1982). "Estado da Paraíba", classificação geomorfológica. João Pessoa, Editora da Universidade/UFPB.

CHISTOFOLETTI, Antônio (1980). Geomorfologia. 2ªed. São Paulo. Edgard Blücher.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V; BARBOSA, C.C.F. (2001). Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE. 113p. (INPE-8454-RPQ/722).

DOLFUSS, Olivier (1973). A análise geográfica. Trad. Heloysa de Lima Dantas. Coleção Saber Atual. São Paulo. Difusão européia do livro.

LEINZ, Victor e AMARAL, Sérgio E. do (1970). Geologia Geral. 5ª ed. São Paulo: Editora Nacional.

LEPSCH, Igo F. (1977). Solos – Formação e conservação. 2ª edição. Coleção Prisma Brasil o conhecimento em cores. São Paulo: Edições Melhoramentos.

MEDEIROS, José Simeão de (1999). Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Universidade de São Paulo, Faculdade de filosofia, letras e ciências humanas, Departamento de Geografia. São Paulo.

ROCHA, José Sales Marinho da (1997). Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria: Imprensa Universitaria.

SCARDOELLI, Lucas Yamanda; et al. (2003). SIG – Sistema de Informação Geográfica. Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção. São Carlos.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José (1990). Ambientes fluviais. 2º ed. Florianópolis: Editora da UFSC.

TRENTIN, Gracieli et al. A influência da declividade no uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tigre, Severiano de Almeida/RS. In: <http://www.lead.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_038. htm> Acessado em: Janeiro de 2005

TRICART, J. (1977) Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil.